

# Steering adjuster with electric motor, especially for steer-by-wire use in cars has steering adjuster divided into two diversely redundant systems and control system with two diversely

**Publication number:** DE19834870 (A1)

**Publication date:** 2000-02-03

**Inventor(s):** HOMMEL MATHIAS [DE] +

**Applicant(s):** BOSCH GMBH ROBERT [DE] +

**Classification:**


- **international:** **B62D6/00; B62D5/00; B62D5/04; B62D6/00; B62D5/00; B62D5/04;** (IPC1-7): B62D6/00; B62D1/16; B62D5/04; B62D5/30; B62D15/02


- **European:** B62D5/00B2; B62D5/00B

**Application number:** DE19981034870 19980801

**Priority number(s):** DE19981034870 19980801

**Also published as:**

 US6208923 (B1)

 JP2000053012 (A)

## Abstract of DE 19834870 (A1)

A steering adjuster with an electric motor, especially for steer-by-wire use in cars, has an electronic open/closed loop control system which generates steering signals for an electric adjusting motor (14) that acts upon a steering adjusting element (1) via a gearbox (2), especially on a gear rack of a rack steering unit. The control system has a process computer (6) passing adjusting signals to the adjusting motor via a control unit (12). The steering adjuster is divided into two diversely redundant systems. The control system has two diversely redundant process computers which each pass the adjusting signals via a diversely redundant control unit assigned to it to two diversely redundant adjusting motors acting on the same steering shaft.

.....  
Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 34 870 A 1**

②① Aktenzeichen: 198 34 870.3  
②② Anmeldetag: 1. 8. 1998  
④③ Offenlegungstag: 3. 2. 2000

⑤① Int. Cl. 7:  
**B 62 D 6/00**  
B 62 D 5/30  
B 62 D 5/04  
B 62 D 15/02  
B 62 D 1/16

**DE 198 34 870 A 1**

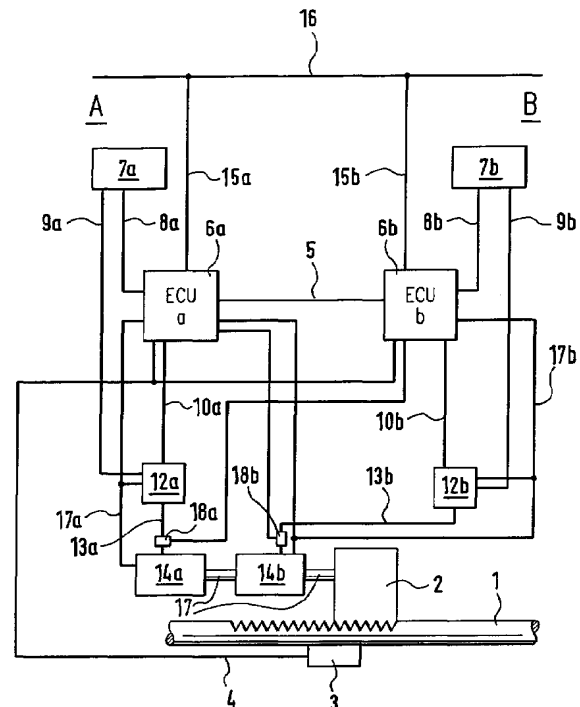
⑦① Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Hommel, Mathias, 70825 Korntal-Münchingen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Fehlertoleranter elektromechanischer steer-by-wire-Lenksteller

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen elektromechanischen Lenksteller, insbesondere für die Steer-by-wire Anwendung in Kraftfahrzeugen, mit einem elektronischen Regel-/Steuerwerk (A, B), das Lenksignale für einen elektrischen Stellmotor (14a, 14b) erzeugt, der über ein Getriebe (2) an einem Lenkungsstellelement (1) einer Zahnstangenlenkung angreift, wobei das Regel-/Steuerwerk (A, B) einen dem Stellmotor (14a, 14b) über eine Ansteuereinheit (12a, 12b) Stellsignale zuführenden Prozeßrechner (6a, 6b) aufweist, der dadurch gekennzeichnet ist, daß der Lenksteller in zwei diversitär redundante Systeme (A, B) unterteilt ist, wobei das Regel-/Steuerwerk zwei diversitär redundante Prozeßrechner (6a, 6b) aufweist, die jeweils über eine ihnen zugeordnete diversitär redundante Ansteuereinheit zwei an derselben Lenkwelle angreifenden diversitär redundanten Stellmotoren die Stellsignale zuführen.



**DE 198 34 870 A 1**

Die Erfindung geht aus von einem elektromechanischen Lenksteller, insbesondere für die Steer-by-wire Anwendung in Kraftfahrzeugen, mit einem elektronischen Regel/Steuerwerk, das Lenksignale für einen elektrischen Stellmotor erzeugt, der über ein Getriebe an einem Lenkungsstellelement, insbesondere an einer Zahnstange einer Zahnstangenlenkung angreift, wobei das Regel/Steuerwerk einen dem Stellmotor über eine Ansteuereinheit Stellsignale zu führenden Prozeßrechner aufweist.

Ein derartiger Lenksteller ist z. B. aus der DE 195 40 956 bekannt. Bei dem bekannten elektromechanischen Lenksteller kann die mechanische Verbindung zwischen Lenkradsäule und der Zahnstange der Zahnstangenlenkung getrennt werden, so daß dann eine Steer-by-wire-Lenkung möglich ist. Bei einem Fehler der Hilfskraftlenkeinrichtung oder der automatischen Lenkeinrichtung wird diese zusätzliche Einrichtung abgeschaltet, und der Fahrer hat dann wieder einen mechanischen Durchgriff zu den zu lenkenden Rädern. Die bekannten Lenksteller für automatischen Lenkbetrieb sind nicht vollständig fehlertolerant.

Bei einem Fahrzeug mit Steer-by-wire-Einrichtung, wo es keine mechanische Verbindung zwischen Lenkrad und Lenkgetriebe mehr gibt, muß Sorge dafür getragen werden, daß der Lenksteller fehlertolerant ist.

#### Aufgabe und Vorteile der Erfindung

Es ist somit Aufgabe der Erfindung, einen fehlertoleranten elektromechanischen Lenksteller anzugeben, der beim Auftreten eines Fehlers unabhängig davon, in welchem Subsystem er auftritt, dennoch eine korrekte Steer-by-wire-Lenksfunktion ermöglicht.

Dadurch, daß erfindungsgemäß der Lenksteller in zwei diversitär redundante Systeme unterteilt ist, wobei das Regel/Steuerwerk zwei diversitär redundante Prozeßrechner aufweist, die jeweils über eine ihnen zugeordnete diversitär redundante Ansteuereinheit zwei an derselben Lenkwelle angreifenden diversitär redundanten Stellmotoren die Stellsignale zuführen, steht das Lenksystem auch beim Auftreten eines Fehlers voll zur Verfügung, egal, in welchem Subsystem der Fehler auftritt.

Im Normalbetrieb arbeitet das erste der Systeme, und das zweite System ist passiv. Passiv bedeutet hier, daß der passive Prozeßrechner zwar keine Stellsignale für den ihm zugeordneten Stellmotor erzeugt, jedoch von der ihm zugeordneten Spannungsversorgungseinrichtung versorgt wird, d. h. daß er sich in einem Wartezustand befindet, in dem er dennoch Information mit dem aktiven Prozeßrechner austauschen, Information vom übergeordneten Fahrzeugrechner empfangen und Positionsmeßsignale vom Positionssensor empfangen kann.

Der momentan aktive Prozeßrechner steuert/regelt den ihm zugeordneten elektrischen Stellmotor über die dazwischen geschaltete Ansteuereinheit, tauscht Information mit dem passiven Prozeßrechner aus, empfängt Positionsmeßsignale vom Positionssensor und Information vom übergeordneten Fahrzeugrechner. Ferner liest der momentan aktive Prozeßrechner die Strangspannungen oder Strangströme des dem passiven Prozeßrechner zugeordneten anderen elektrischen Stellmotors ein.

Beide Prozeßrechner tauschen ständig ihre errechneten Ist-Positionen und Fehlerinformation aus (Watch-Dog-Funktion). Im Fehlerfall schaltet der Prozeßrechner eines Systems das andere System über stromlos öffnende Relais

ab.

Systembedingt können zwei Arten von Fehlern auftreten: Mode I: Hier ist der Positionssensor defekt; Mode II: In diesem Fall ist ein beliebiges anderes Subsystem in den beiden Systemen A oder B defekt.

(Es wird vorausgesetzt, daß alle mechanischen Teile, wie Wellen und Getriebe so konstruiert und ausgelegt sind, daß sie normalen Beanspruchungen und Streßbeanspruchungen standhalten).

Bei einem Fehler der Kategorie Mode II wird das bisher passive System aktiv, und das fehlerbehaftete System wird abgeschaltet. Wenn das bisher passive System ausfällt, bleibt selbstverständlich das aktive System aktiv. Fällt dagegen das aktive System aus, dann wird das passive System aktiv.

Weitere Aufgaben und Merkmale der Erfindung werden nachstehend detailliert anhand eines den erfindungsgemäßen elektromechanischen Lenksteller verkörpernden Ausführungsbeispiels verdeutlicht, das in der Figur schematisch als Funktionsblockschaltbild dargestellt ist.

#### Ausführungsbeispiel

Der erfindungsgemäße elektromechanische Lenksteller besteht gemäß der Figur aus einem Lenkungsstellelement **1**, im Ausführungsbeispiel die Zahnstange einer Zahnstangenlenkung, zwei diversitär redundanten Prozeßrechnern **6a**, **6b**, zwei diversitär redundanten elektrischen Stellmotoren **14a**, **14b**, zwei diversitär redundanten Ansteuereinheiten **12a**, **12b** zur Ansteuerung der Stellmotoren **14a**, **14b**, zwei diversitär redundanten Spannungsversorgungseinrichtungen **7a**, **7b**, einem Positionssensor **3**, einem Getriebe **2** sowie aus einem fehlertoleranten Datenbus **16**, der die Prozeßrechner **6a**, **6b** mit einem (nicht gezeigten) übergeordneten Fahrzeugrechner verbindet.

Sowohl die Funktion und die Gestaltung des fehlertoleranten Datenbusses, als auch der übergeordnete Fahrzeugrechner sind nicht Gegenstand dieser Erfindung und werden deshalb nicht beschrieben.

Wie der Figur zu entnehmen ist, ist der Lenksteller in zwei diversitäre Systeme A und B unterteilt, die jeweils ähnlich aufgebaut sind.

Die nachfolgende Beschreibung unterscheidet zwei Betriebsarten: den Normalbetrieb, bei dem alle Baugruppen funktionstüchtig sind, und den Fehlerfall, bei dem ein Fehler aufgetreten ist. Der Aufbau des Lenkstellers wird im folgenden anhand der beiden Betriebsarten beschrieben.

#### Normalbetrieb

Im Normalbetrieb arbeitet System A, und System B ist passiv. Eine dem System A zugeordnete Spannungsversorgungseinrichtung **7a** versorgt den Prozeßrechner **6a** und die Motoransteuereinheit **12a** über elektrische Verbindungen **8a** bzw. **9a** mit Spannung. Die Spannungsversorgungseinrichtung **7a** kann eine Batterie und/oder eine Lichtmaschine sein. Der Prozeßrechner **6a** erhält über eine Datenverbindungsleitung **15a** mit dem Datenbus **16** Information über den Fahrzustand des Fahrzeuges und die Soll-Lenkbewegung, die der dem System A zugeordnete elektrische Stellmotor **14a** ausführen soll, vom übergeordneten Fahrzeugrechner.

Um die Lageregelung des Lenkungsstellelements **1**, d. h. die Lenkung, durchführen zu können, liest der aktive Prozeßrechner **6a** über eine Verbindungsleitung **4** die Ist-Position des Lenkungsstellelement **1** ein, die der Positionssensor **3** liefert, und außerdem die Strangspannungen oder Strangströme des dem passiven System B zugeordneten elektri-

schen Stellmotors **14b**. Dadurch ist ein äußerer überlagert Regelkreis gebildet.

Der elektrische Stellmotor **14b** ist ein Drehstrom-Asynchron-Motor oder ein EC-Motor, und da sich im Normalbetrieb dieser Motor unbestromt mitdreht und wie ein Generator verhält, kann der Prozeßrechner **6a** aus dessen Strangströme oder Strangspannungen angehenden Signalen die Drehbewegung berechnen und auf die relative Position des Lenkungsstellelements **1** schließen. Auf diese Weise ist außer dem Positionssensor **3** ein zweiter auf einem anderen physikalischen Prinzip beruhender Positionssensor ermöglicht.

Außerdem tauschen beide Prozeßrechner **6a** und **6b** der beiden Systeme A und B ständig ihre errechneten Ist-Positionen und Fehlerinformationen aus (Watch-Dog-Funktion) und schalten im Fehlerfall das jeweils andere System über stromlos öffnende Relais **18a** bzw. **18b** ab. D.h., daß Verbindungsleitungen von jedem Prozeßrechner **6a** bzw. **6b** zum Relais **18b** bzw. **18a** des jeweils anderen Systems führen.

Wenn die vom Positionssensor **3** gelesene oder über die Strangströme oder Strangspannungen des passiv mitdrehenden elektrischen Stellmotors berechnete Positionsinformation korrekt ist, gibt der Prozeßrechner **6a** über eine Verbindungsleitung **10a** einen Sollstrom der Ansteuereinheit **12a** vor, die ihrerseits durch die in ihr enthaltene Leistungselektronik über elektrische Verbindungen **13a** den elektrischen Stellmotor **14a** ansteuert. Dies stellt einen inneren, unterlagerten Regelkreis dar.

Der elektrische Stellmotor **14a** kann ein permanent erregter Gleichstrommotor sein, sollte sich aber vom Arbeitsprinzip her von dem anderen Elektromotor **14b** unterscheiden.

Wie bereits beschrieben, dreht sich der dem passiven System B zugeordnete elektrische Stellmotor **14b** im Normalbetrieb passiv auf der gemeinsamen Welle **17** mit.

Bei dem System B versorgt die Spannungsversorgungseinrichtung **7b** den Prozeßrechner **6b** und die Ansteuereinheit **12b** über elektrische Verbindungsleitungen **8b** und **9b** mit Spannung und kann eine Batterie und/oder eine Lichtmaschine sein, die allerdings vom physikalischen Prinzip her anders sein soll als die Spannungsversorgung **7a**.

Der Prozeßrechner **6b** erhält auch über eine elektrische Verbindungsleitung **15b** mit dem Datenbus **16** Information über den Fahrzustand des Fahrzeugs und die Soll-Lenkbewegung, die der Lenksteller ausführen soll, vom übergeordneten Fahrzeugrechner.

#### Fehlermodus

Es können systembedingt zwei Arten von Fehlern auftreten: Einerseits kann der Positionssensor **3** defekt sein (Mode I), und andererseits kann ein beliebiges anderes Subsystem, d. h. die Einrichtungen jedes Systems A oder B defekt sein (Mode II).

#### Mode II

Bei diesem Fehlerfall wird das jeweils andere System aktiv ist und das fehlerbehaftete System abgeschaltet. Wenn das System B ausfällt, beispielsweise, wenn dessen Prozeßrechner oder dessen Stellmotor defekt ist, bleibt selbstverständlich das System A aktiv. Fällt dagegen System A aus, wird System B aktiv.

Um die Lageregelung des Lenkungsstellelements **1** durchführen zu können, liest der Prozeßrechner **6b** des zweiten Systems B die Ist-Position des Lenkungsstellelements **1** ein, die der Positionssensor **3** liefert (äußerer überlagert Regelkreis) und gibt über die Verbindungsleitung **10b** einen Sollstrom der Ansteuereinheit **12b** vor, die ihrerseits

durch die in ihr enthaltene Leistungselektronik über elektrische Verbindungsleitungen **13b** den zugeordneten Stellmotor **14b** ansteuert (innerer unterlagert Regelkreis).

#### Mode I

Beim Ausfall des Positionssensors **3** kann das System A über den Generatorbetrieb des elektrischen Stellmotors **14b** sowie unter Zuhilfenahme eines Fahrzeugmodells die aktuelle Position des Lenkungsstellelements **1**, d. h. den aktuellen Lenkwinkel berechnen.

In der obigen Beschreibung wurde davon ausgegangen, daß im Normalfall grundsätzlich das System A aktiv und das System B passiv ist, und daß im Fehlermodus II eine Umschaltung auf das zweite System B stattfindet.

Bei einer anderen Sicherheitsphilosophie kann der aktive Zustand jeweils abwechselnd beiden System A und B zugeteilt werden. Das Abwechseln des aktiven Zustands kann entweder periodisch oder abhängig von Fahrzuständen des Fahrzeugs, wie z. B. abhängig vom Kilometerstand usw., vorgegeben werden. Dazu muß jedoch das physikalische Prinzip beider Stellmotoren so sein, daß sich aus der Erfassung ihrer Strangspannung oder ihres Strangstroms ein Positionssignal berechnen läßt.

Die obige Beschreibung macht deutlich, daß der elektromechanische Lenksteller gemäß der Erfindung beim Auftreten eines Fehlers fehlertolerant ist, so daß das Lenksystem dann immer noch voll zur Verfügung steht. Sämtliche Baugruppen sind deshalb diversitär redundant aufgebaut.

#### Patentansprüche

1. Elektromechanischer Lenksteller, insbesondere für die Steer-by-wire Anwendung in Kraftfahrzeugen, mit einem elektronischen Regel/Steuerwerk (A, B), das Lenksignale für einen elektrischen Stellmotor (**14a**, **14b**) erzeugt, der über ein Getriebe (**2**) an einem Lenkungsstellelement (**1**), insbesondere an einer Zahnstange einer Zahnstangenlenkung angreift, wobei das Regel/Steuerwerk (A, B) einen dem Stellmotor (**14a**, **14b**) über eine Ansteuereinheit (**12a**, **12b**) Stellsignale zuführenden Prozeßrechner (**6a**, **6b**) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Lenksteller in zwei diversitär redundante Systeme (A, B) unterteilt ist, wobei das Regel/Steuerwerk zwei diversitär redundante Prozeßrechner (**6a**, **6b**) aufweist, die jeweils über eine ihnen zugeordnete diversitär redundante Ansteuereinheit zwei an derselben Lenkwelle angreifenden diversitär redundanten Stellmotoren die Stellsignale zuführen.
2. Elektromechanischer Lenksteller nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste System (A) eine erste Spannungsversorgungseinrichtung (**7a**) aufweist, die das erste System (A) mit Spannung versorgt, und eine Batterie und/oder eine Lichtmaschine des Kraftfahrzeugs sein kann, und daß das zweite System (B) eine zweite Spannungsversorgungseinrichtung (**7b**) hat, die das zweite System (B) mit Spannung versorgt, und auf einem vom physikalischen Prinzip der ersten Spannungsversorgungseinrichtung unterschiedlichen physikalischen Prinzip beruht.
3. Elektromechanischer Lenksteller nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Prozeßrechner vom Typ her verschieden und so miteinander verbunden sind, daß sie ständig Informationen über den Betriebszustand des Lenkstellers und Fehlermeldungen austauschen.
4. Elektromechanischer Lenksteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß jeder der beiden Prozeßrechner (6a, 6b) für sich über einen Datenkanal (16) von einem übergeordneten Fahrzeugrechner Informationen über den Fahrzustand und über einen einzustellenden Soll-Lenkwinkel bekommt.

5. Elektromechanischer Lenksteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beide Prozeßrechner (6a, 6b) im Fehlerfall das jeweils andere System abschalten können.

6. Elektromechanischer Lenksteller nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Prozeßrechner das jeweils andere System dadurch abschaltet, daß er die Spannungsversorgungsleitungen für den jeweils anderen Stellmotor (14a, 14b) unterbricht.

7. Elektromechanischer Lenksteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwei auf verschiedenen physikalischen Meßprinzipien beruhende Positionssensoren vorgesehen sind.

8. Elektromechanischer Lenksteller nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Positionssensor als ein Absolut-Wege-Geber (3) gestaltet ist, der einen Absolutwert der Auslenkung des Lenkungsstellelements (1) mißt und dem gemessenen absoluten Weg entsprechende Meßsignale beiden Prozeßrechner (6a, 6b) zuführt.

9. Elektromechanischer Lenksteller nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Positionssensor so eingerichtet ist, daß jeder Prozeßrechner einen Eingang aufweist, der ein Signal hinsichtlich der Strangspannung und/oder des Strangstroms des jeweils inaktiven Stellmotors empfängt.

10. Elektromechanischer Lenksteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der verwendeten elektrischen Stellmotoren (14a, 14b) mit einem unterschiedlichen Wirkprinzip arbeitet, wobei aber mindestens einer der elektrischen Stellmotoren ein EC-Motor oder eine Drehstrom-Asynchron-Maschine ist.

11. Elektromechanischer Lenksteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beide Motoren (14a, 14b) sich über eine gemeinsame Welle fest miteinander verbunden drehen und diese Drehbewegung über ein Getriebe (2) und über ein Lenkungsstellelement (1) in eine Lenkbewegung des Rades bzw. der Räder umgewandelt wird.

12. Elektromechanischer Lenksteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Getriebe (2) ein Überlagerungsgetriebe ist, bei dem an einem ersten Überlagerungseingang die gemeinsame Welle der beiden elektrischen Stellmotoren (14a, 14b) eingreift und am anderen Überlagerungseingang die Drehbewegung vom Lenkrad eingeleitet wird.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

55

60

65

- Leerseite -

